

# 打破常规

Turbomeca将ANSYS SCADE Suite用于研发直升机发动机控制软件，显著缩短了所需的时间。

作者：Didier Bernard，法国博尔德Turbomeca软件系统部负责人



目前，发动机控制系统是直升机发动机中的关键组成部分，其可控制燃料喷射和其他发动机功能。在研发用于运行发动机控制系统的嵌入式软件时，Turbomeca从手动编码切换为基于模型的设计方法，这涉及到在框图设计环境中创建可执行的模型。工程师在ANSYS SCADE Suite中使用一些代表算法或子系统的模块来定义控制系统的功能。他们

可验证模型并使用模型自动生成嵌入式代码。Turbomeca工程师已使用这种新方法研发出控制系统，并为该公司最新两款发动机提供了大力支持。新的流程能够显著减少错误并缩短研发时间。

隶属Safran集团的Turbomeca是世界上顶尖的直升机发动机制造商，自1938年成立以来已经生产出了7万台发动机。该公司专门从事为直升机提供动力的中小功率燃气涡轮机相关的设计、生产、销售和支持服务。各大领先的直

升机制造商将Turbomeca的涡轮机广泛用于民用、准公共（例如警方和消防部门）和军用直升机当中。加上该公司与其他制造商的联合项目，目前总共有1.82万台Turbomeca涡轮机投入运行，其发动机已经运行长达9,000万小时。

## 数字化发动机控制单元

Turbomeca的发动机根据输出功率水平被分为不同的系列。每个系列的发动机包括多种不同的变体，以满足不同

**Turbomeca从手动编码切换为基于模型的设计方法。**

## 研发时间缩短30%。

类型的直升机的具体要求。这些发动机采用模块化架构，主要模块有压缩机、燃烧室和涡轮机。数字发动机控制单元，也称为全权限数字发动机控制(FADEC)，可在环境、扭矩变化和使用案例的基础上通过调整燃料流来控制发动机的速度。

FADEC包含两个相同的控制通道，每个都能独立控制发动机。如果一个通道不能正常工作，FADEC能够把控制从一个通道切换到另一个通道。每个FADEC平台都由硬件和操作系统组成，而且在规范上符合多种发动机系列的要求。考虑到直升机的特性和客户需求，该公司为每一种发动机变体都研发了应用软件。不同变体的发动机控制单元之间存在着许多通用性，同时模块化架构已通过可重复使用的组件进行了定义，以支持不同变体间的重复使用。

### 软件研发流程

自1985年以来，Turbomeca为研发FADEC的应用软件已经历了四种不同的软件研发流程，以应对技术解决方案的发展进步、适航性要求的演进和软件功能的提升。

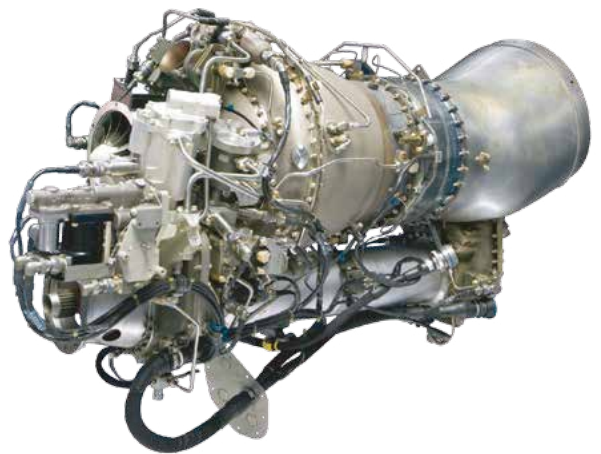
2005年，Turbomeca通过实施一款包含需求管理、模型化设计、仿真、测试自动化以及符合DO-178B（FAA、EASA和其他认证机构发布的用于认证所有航电软件的标准）标准的认证代码生成的研发环境，研发出了G4软件流程。与使用源代码开展工作相比，基于模型的研发过程更清晰易懂，所以系统团队将SCADE Suite用于新的软件流程，并促进系统和软件团队之间的协同工程。

模型仿真可提供在最早阶段检测出功能故障的高效方法。SCADE Suite可提供高效的模型检查器，让工程师在设计阶段初期就尽早检测出问题，而不必等到集成阶段。测试案例能在PC环境中运行，而不是在部署到飞机上的更昂贵、更复杂的目标硬件环境中。SCADE Suite采用可重复使用的符号库，能促进软件项目中和软件项目之间的重复使用和设计通用性。

SCADE Suite通过使用比源代码更加清晰易懂的形式语言和方法以及压缩代码集成阶段，实现控制法律团队和软件团队之间的高效协同设计工程，从而缩短研发周期并降低研发



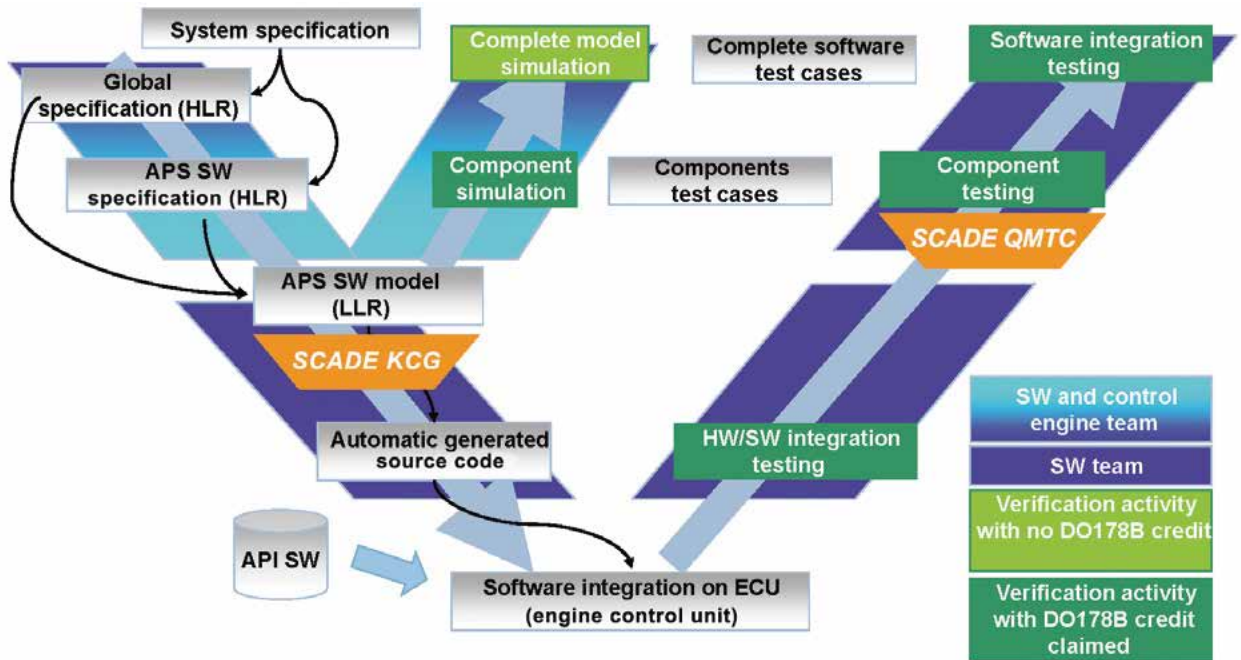
▲ 全权限数字发动机控制单元



▲ Arriel 2D发动机

成本。如果我们在设计层上检查缺陷，那么就能尽早检测出瑕疵。利用经过认证的代码生成器，SCADE KCG能确保设计模型和代码之间的合规性，并且能在代码层显著减少正式认证的工作量。工程师可在生成C代码之前，在模型层验证模块集成的一致性，而无需在代码层进行集成验证。代码生成器经过认证是一款符合DO-178B标准的研发工具（DO-178B第12.2章），因此代码对输入模型的合规性就得到了保证，无需进行与编码阶段有关的验证工作。

# 研发团队将认证版本上的待解决问题数量减少了50%。



▲ G4流程概览

## 代码共享和重复使用

G4流程集成了基于可配置功能的通用模块软件架构，能方便地重复用于多个软件研发项目。它能帮助团队集中精力开展他们具有专门技能的相关活动，同时还能与负责该项目其它工作的其他团队轻松共享数据。G4流程研发的应用软件独立于目标硬件平台，能降低与不断变化的硬件平台相关的时间成本和费用成本。

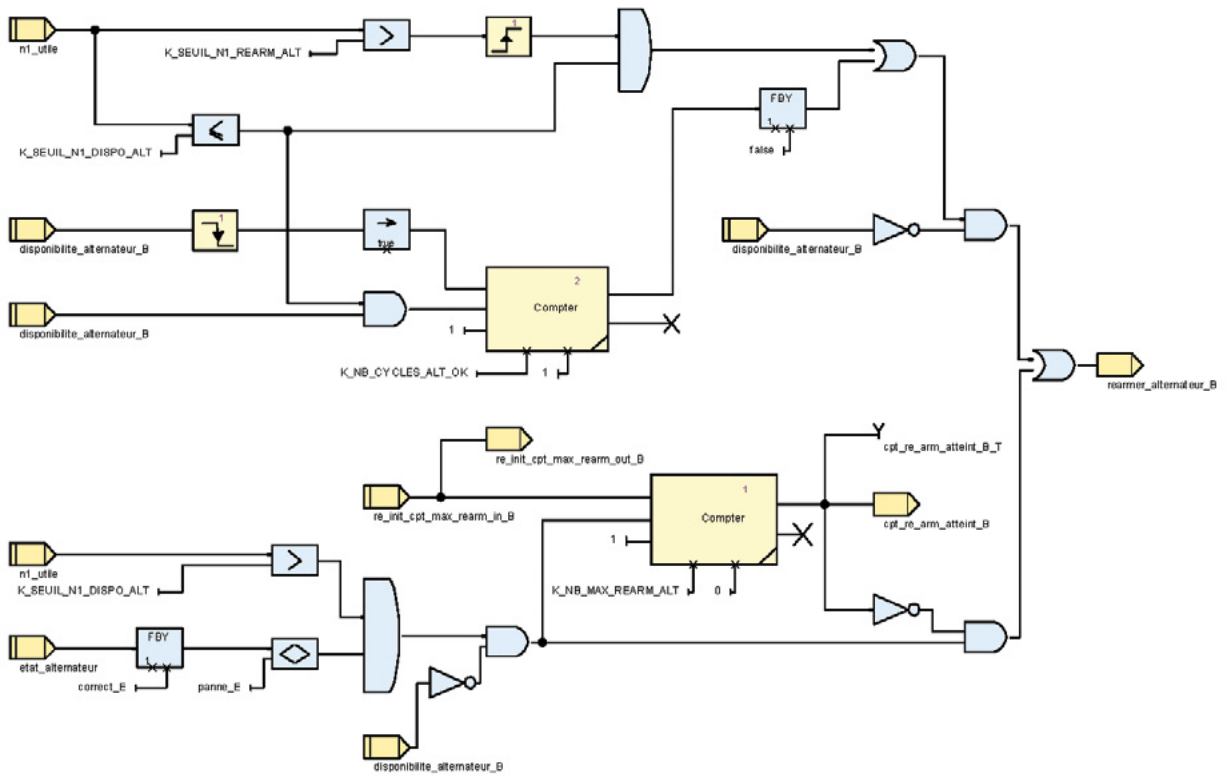
G4流程率先被用于研发Arriel 2D发动机的FADEC。Arriel 2D发动机可用于5,000磅重量等级的轻型单发动机直升机，目前为Eurocopter AS350 B3e和EC130T2直升机提供动力支持。在全球所有700到900轴马力(shp)功率等级的

直升机中，使用Arriel系列发动机的占比超过60%。双通道FADEC可提供包括燃料和油料过滤器堵塞在内的发动机状态监测。此外，它还能调节燃气发生器的速度和功率涡轮进气口的温度，从而改善功耗优化，延长临时拆卸的平均间隔时间。从初次投入使用起，平均大修间隔时间为4,000小时，而发动机的目标使用寿命为6,000小时。

Turbomeca的工程师首先使用G4流程研发了在2011年通过认证的Arriel 2D发动机的嵌入式软件，随后研发了在2012年通过认证的Arriel 2E发动机。通过在研发流程中尽早检测问题并在认证前纠正这些问题，研发团队将认证版本上的待解决问题数量减少了50%。通过

充分利用包括SCADE Suite在内的G4流程功能改进的优势，研发时间也缩短了30%。Turbomeca目前正采用G4流程对另外五款发动机的FADEC软件进行研发。同时，该公司还在对最新版SCADE Suite用于未来项目的情况进行评估，因为其有望改善计算时间和语言功能。▲

利用基于模型的系统工程和嵌入式系统降低产品研发风险和复杂性  
[ansys.com/81code](http://ansys.com/81code)



▲ 控制功能的SCADE模型可判断发动机产生的电力是否能辅助设备供电

了解更多精彩内容：

<http://www.ansys.com/zh-CN/About-ANSYS/advantage-magazine>

