CONCEPT

# ديناميكا الموائع الحسابية (CFD): بناء الشبكات الحسابية ونمذجة الاضطراب ومحاكاة التدفقات الصناعية

2 – 6 أغسطس 2027

باريس - فندق أعمال على الضفة اليمنى



# ديناميكا الموائع الحسابية (CFD): بناء الشبكات الحسابية ونمذجة الاضطراب ومحاكاة التدفقات الصناعية

**المرجع:** 476_14472 **التاريخ:** 2 – 6 أغسطس 2027 **المكان:** باريس - فندق أعمال على الضفة اليمنى **الرسوم:** SAR 23500

## مقدمة:

باتت نتائج ديناميكا الموائع الحسابية CFD توجه قرارات تصميم شبكات الأنابيب ومعدات انتقال الحرارة وتوزيع التهوية ودراسات تسرب الغازات، غير أن نماذج كثيرة تصل إلى مراجعات التصميم بشبكات حسابية رديئة الخلايا ونموذج اضطراب مختار افتراضيا وقيم y+ غير مفحوصة، مع الاكتفاء بمنحنيات البواقي دليلا على الدقة. تدرب هذه الدورة من كور كونسبت مهندسي الميكانيكا والعمليات والتكييف على إعداد محاكاة بطريقة الحجوم المحدودة وتشغيلها ومساءلة نتائجها في برامج تجارية ومفتوحة المصدر، بدءا بتهيئة الهندسة وبناء الشبكة ومرورا بالتحقق والمصادقة ووصولا إلى إعداد التقرير. ويعد المشاركون تقرير محاكاة CFD وملف استقلالية الحل عن الشبكة لحالة تدفق صناعية.

## أهداف الدورة:

- تحويل السؤال الهندسي إلى نطاق نموذج CFD محدد المجال الحسابي والظواهر الفيزيائية والمخرجات ومعايير القبول
- تجهيز هندسة CAD وبناء شبكات سداسية الوجوه أو رباعية الوجوه أو متعددة الوجوه مع طبقات حدية تستوفي أهداف التشوه والتعامد ونسبة الأبعاد
- اختيار نماذج k-epsilon أو k-omega SST أو منهج LES ومعالجة الجدار الملائمة وفق قيمة y+ المحققة على الشبكة
- تحديد الشروط الحدية واقتران الضغط والسرعة ورتبة التقطيع ومعاملات التخفيف، والحكم على التقارب من البواقي واختلال الموازنة ونقاط المراقبة
- إثبات موثوقية الحل بدراسات استقلالية الحل عن الشبكة والمصادقة مقابل القياسات أو العلاقات التجريبية المنشورة
- معالجة حقول السرعة والضغط ودرجة الحرارة والتركيز بعد الحل وتحويلها إلى تقرير محاكاة قابل للتتبع يستطيع المراجعون تدقيقه

## الفئة المستهدفة:

- وظائف الهندسة الميكانيكية التي تقدر فواقد الضغط وتوزيع التدفق والأحمال الحرارية على الأنابيب والأوعية والمعدات الدوارة
- وظائف هندسة العمليات التي تدرس الخلط والفصل وانتقال الحرارة وسوء توزيع التدفق في معدات المصانع
- وظائف تصميم التكييف والخدمات الميكانيكية للمباني التي تنمذج توزيع الهواء والراحة الحرارية وإزالة الملوثات في الفراغات المشغولة
- وظائف هندسة السلامة ومنع الخسائر التي تنمذج انتشار الغازات القابلة للاشتعال أو السامة في المناطق المزدحمة بالمعدات

- وظائف التحليل الهندسي والمحاكاة التي تراجع دراسات CFD المقدمة من الاستشاريين والموردين

## محاور الدورة:

### اليوم 1: المعادلات الحاكمة وطريقة الحجوم المحدودة وسير عمل محاكاة CFD

- حفظ الكتلة وكمية الحركة والطاقة من خلال معادلات Navier-Stokes بلغة مبسطة
- التقطيع بطريقة الحجوم المحدودة: حجوم التحكم والتدفقات عبر الوجوه ومخططات الاستيفاء
- مراحل المعالجة المسبقة والحل والمعالجة اللاحقة في ANSYS Fluent والبرامج من نوع OpenFOAM
- تصنيف نظام التدفق بأعداد Prandtlg Machg Reynolds
- ورقة تحديد نطاق المحاكاة: سؤال القرار وحدود المجال الحسابي ومعايير القبول

### اليوم 2: تجهيز الهندسة واستراتيجية بناء الشبكة الحسابية وجودتها

- تنظيف هندسة CAD: حذف التفاصيل غير المؤثرة والأوجه الرفيعة والفجوات واستخراج حجم المائع
- الخلايا المنتظمة سداسية الوجوه مقابل الخلايا غير المنتظمة رباعية الوجوه ومتعددة الوجوه
- طبقات التضخيم الموشورية ومناطق التنعيم الموضعي حول الجدران والنفاثات وطبقات القص
- مقاييس جودة الشبكة: التشوه وجودة التعامد ونسبة الأبعاد ومعدل نمو الخلايا
- التسميات المسماة وتعريف المناطق لتخصيص الشروط الحدية

### اليوم 3: نمذجة الاضطراب ومعالجة الجدار والشروط الحدية وإعدادات الحل

- نماذج RANS للاضطراب: k-epsilon القياسي Realizableg مقابل k-omega SST
- معالجة المنطقة القريبة من الجدار: أهداف y+ وحل الطبقة اللزجة التحتية ودوال الجدار
- شروط المدخل والمخرج والجدار والتماثل مع مدخلات شدة الاضطراب ومقياس الطول
- اقتران الضغط والسرعة بخوارزمية SIMPLE والحلالات المقترنة مع معاملات التخفيف ورتبة التقطيع
- الحكم على التقارب: البواقي المقيسة واختلال موازنة الكتلة والطاقة ونقاط المراقبة

### اليوم 4: التحقق والمصادقة وانتقال الحرارة والتدفق متعدد الأطوار

- دراسة استقلالية الحل عن الشبكة بثلاث شبكات منعمة بانتظام واستكمال Richardson
- المصادقة مقابل البيانات التجريبية وعلاقات هبوط الضغط وقياسات المصنع
- اختيار نماذج انتقال الحرارة المقترن والطفو والإشعاع
- نظرة عامة على التدفق متعدد الأطوار: نماذج Euleriang Volume of Fluid والطور المتفرق
- نظرة عامة على محاكاة الدوامات الكبيرة LES واختيار الخطوة الزمنية العابرة بعدد Courant

### اليوم 5: مختبرات المحاكاة الصناعية وإعداد تقرير CFD

- مختبر: التدفق المضطرب في الأنبوب والكوع مع فحص فاقد الضغط وانفصال التدفق
- مختبر: توزيع التدفق في جانب غلاف المبادل الحراري وحقل درجات الحرارة
- مختبر: توزيع هواء تهوية الغرف وعمر الهواء وخطوط الراحة الحرارية
- مختبر: انتشار الغاز المنطلق بنموذج نقل الأنواع الكيميائية وحدود التركيز
- عرض تقرير محاكاة CFD وملف استقلالية الحل عن الشبكة ومراجعتهما من الزملاء

## المهارات التي ستكتسبها:

- تحديد نطاق نموذج CFD
- تبسيط الهندسة قبل الشبكة
- ضبط جودة الشبكة الحسابية
- اختيار نماذج الاضطراب
- حل المنطقة القريبة من الجدار
- تشخيص تقارب الحل
- التحقق من المحاكاة ومصادقتها
- المعالجة اللاحقة لحقول التدفق

## لماذا تحضر هذه الدورة:

- العودة بتقرير محاكاة CFD وملف استقلالية الحل عن الشبكة جرى بناؤهما على حالة تدفق صناعية خلال المختبرات
- التوقف عن اعتبار تقارب البواقي دليلا على صحة النتيجة وطلب الأدلة التي تثبت الدقة
- توجيه الاستشاريين والموردين بدقة إلى متطلبات الشبكة والاضطراب والشروط الحدية قبل بدء الدراسة
- مقارنة ممارسات المحاكاة مع مهندسي الميكانيكا والعمليات والتكييف والسلامة من قطاعات النفط والغاز والمرافق والتصنيع ومشاريع المباني

## الخاتمة:

لا تزيد موثوقية نموذج CFD على جودة شبكته وسلامة خياراته الفيزيائية والدليل على أن نتيجته لا تتغير مع المزيد من تنعيم الشبكة. تنتقل الدورة من المعادلات الحاكمة وطريقة الحجوم المحدودة، إلى تجهيز الهندسة وبناء الشبكة، ثم إلى نماذج الاضطراب ومعالجة الجدار والشروط الحدية وإعدادات الحل، فالتحقق والمصادقة وانتقال الحرارة والتدفق متعدد الأطوار. ويطبق اليوم الأخير سير العمل في أربعة مختبرات صناعية تنتهي بتقرير محاكاة CFD وملف استقلالية الحل عن الشبكة.